



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 199 18 332 C 1

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
G 06 F 17/60  
F 01 K 13/00

②1 Aktenzeichen: 199 18 332.5-53  
②2 Anmeldetag: 22. 4. 1999  
④3 Offenlegungstag: -  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 19. 10. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

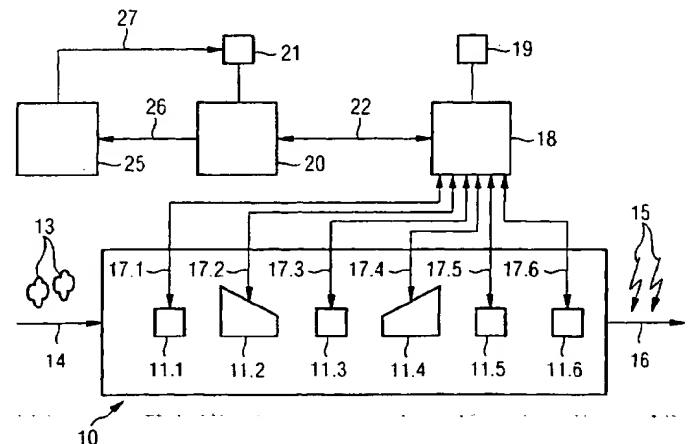
⑦3 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Kochenburger, Andreas, Dipl.-Ing., 76863  
Herxheim, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 42 13 335 A1

⑤4 Verfahren zur Kontrolle der im Betrieb einer Anlage entstehenden Kosten

⑤7 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kontrolle der im Betrieb einer Anlage (10) entstehenden Kosten. Hierbei wird der Betriebszustand mindestens einer Komponente (11) der Anlage (10) über eine Zustandsmeldung (17) erfaßt. Erfindungsgemäß wird diese Zustandsmeldung (17) einem Rechenmodell (20) der Anlage zugeführt, in dem die anfallenden Ist-Werte der Kosten ermittelt und mit vorgebbaren Soll-Werten verglichen werden. Die Abweichung zwischen Ist-Werten und Soll-Werten wird angezeigt.



DE 199 18 332 C 1

DE 199 18 332 C 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kontrolle der im Betrieb einer Anlage entstehenden Kosten, insbesondere einer Anlage zum Umwandeln fossiler Brennstoffe in Energie, wobei der Betriebszustand mindestens einer Komponente der Anlage über eine Zustandsmeldung erfaßt wird.

Bei bekannten Anlagen, beispielsweise Energieerzeugungsanlagen, wird ein Prozeßleitsystem (PLS) zur Steuerung und Kontrolle der Umwandlung von fossilem Brennstoff in Energie, insbesondere Strom und/oder Wärme, verwendet. Dieses PLS gibt Auskunft über den aktuellen Zustand einzelner Komponenten der Anlage und den ablaufenden Umwandlungsprozeß. Allerdings ist der Umwandlungsprozeß an sich für den Betreiber der Anlage aus wirtschaftlicher Sicht nur ein Zwischenschritt in Richtung Ausgangsprodukt, beispielsweise elektrische Energie. Nachteilig an einem bekannten PLS ist insbesondere, daß lediglich anlagenspezifische Warnungen ausgegeben werden, beispielsweise bei Überschreiten bestimmter Grenzwerte für Temperatur oder Druck. Eine Alarmierung zum Vermeiden unnötiger Kosten ist nicht realisiert. Vielmehr werden bei der Konzeption der Anlage bestimmte Parameter vorgegeben, die im Betrieb eingehalten werden sollen. Eine tatsächliche und unmittelbare Kostenkontrolle bei laufender Anlage ist nicht möglich.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren der angegebenen Art bereitzustellen, mit dem die Betriebskosten während des Betriebs einer Anlage kontrolliert werden können.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Zustandsmeldung einem Rechenmodell der Anlage zugeführt wird, durch das Rechenmodell die in einer oder mehreren Komponenten der Anlage anfallenden Ist-Werte der Kosten unter Berücksichtigung der Einnahmen aus der Lieferung des Ausgangsprodukts, insbesondere der Energie, ermittelt und mit vorgebbaren Soll-Werten für die Kosten verglichen werden und die Abweichung zwischen Ist-Werten und Soll-Werten angezeigt wird.

Die Zustandsmeldungen der einzelnen Komponenten ermöglichen eine Berechnung der in den Komponenten entstehenden Ist-Werte der Kosten sowie der Gesamtkosten der Anlage. Beim Ermitteln der Ist-Werte der Kosten werden die Einnahmen aus der Lieferung des Ausgangsprodukts, insbesondere der Energie, berücksichtigt. So sind aus wirtschaftlicher Sicht nicht nur die entstehenden Ausgaben, sondern auch die realisierten Einnahmen berücksichtigt. In Einzelfällen kann ein vom Idealfall abweichender Betrieb der Anlage, der höhere Ausgaben verursacht, durch gesteigerte Einnahmen gerechtfertigt sein. Die berechneten Ist-Werte der Kosten werden mit theoretisch ermittelten Soll-Werten verglichen und die Abweichung angezeigt. Hierdurch wird unabhängig von dem tatsächlich ablaufenden Umwandlungsprozeß eine Kontrolle über die entstehenden Kosten erreicht. Gleichzeitig wird durch den Vergleich der Ist-Werte der Kosten mit den Soll-Werten Auskunft über die Wirtschaftlichkeit der Anlage gegeben. Zustandsmeldungen im Sinne der Erfindung können hierbei analoge und binäre Meßgrößen und abgeleitete Statussignale von Anlageteilen und Komponenten sein.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den abhängigen Ansprüchen 2 bis 10 hervor.

In erster vorteilhafter Ausgestaltung werden beim Ermitteln der Ist-Werte der Kosten die Ausgaben für betriebliche Einsatzstoffe, insbesondere den Brennstoff, berücksichtigt.

Diese Ausgaben geben Auskunft über den tatsächlichen, unmittelbar betriebsbedingten finanziellen Einsatz.

Nach einer zweiten vorteilhaften Ausgestaltung werden beim Ermitteln der Ist-Werte der Kosten die Ausgaben für die Anlage, insbesondere für Abschreibung, Eigenbedarf, Personal und/oder Wartung, berücksichtigt. Hierdurch werden neben den Ausgaben für Brennstoff auch die Abnutzung der Anlage und der Komponenten, der Personalaufwand und andere laufende Unkosten mit einbezogen. Das Rechenmodell erkennt dann einen schonenden Betrieb der Anlage, der beispielsweise die Abnutzung verringert oder eine Verlängerung der Wartungsintervalle erlaubt. Trotz möglicherweise höherer Brennstoffausgaben können insgesamt geringere Betriebskosten erreicht werden.

Vorteilhaft wird bei Überschreiten einer vorgebbaren Abweichung der Ist-Werte der Kosten von den Soll-Werten eine Warnung ausgegeben. Diese Warnung sensibilisiert das Betriebspersonal und macht es auf einen unwirtschaftlichen Betrieb der Anlage aufmerksam. Das Kostenbewußtsein des Betriebspersonals wird daher wesentlich verbessert.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung wird bei Überschreiten einer vorgebbaren Abweichung der Ist-Werte der Kosten von den Soll-Werten eine manuelle Eingabe eines Benutzers angefordert. Die manuelle Eingabe dient als Bestätigung dafür, daß der unwirtschaftliche Betrieb tatsächlich beabsichtigt ist, beispielsweise zu Testzwecken der Anlage. Weiter verbessert diese Eingabe nochmals das Kostenbewußtsein des Betriebspersonals.

In vorteilhafter Ausgestaltung wird bei Überschreiten einer vorgebbaren Abweichung der Ist-Werte der Kosten von den Soll-Werten eine Aufforderung zum Prüfen der Komponente mit der Abweichung ausgegeben. Das erfindungsgemäße Verfahren weist nicht nur auf gestiegene Kosten hin, sondern liefert Lösungsvorschläge zur Kostensenkung. Die entsprechenden technischen Informationen können in das Rechenmodell eingegeben und bei der Simulation des Umwandlungsprozesses berücksichtigt werden. Fehlfunktionen der Anlage können rasch erkannt und behoben werden.

Die Zustandsmeldungen und/oder Rechenergebnisse des Rechenmodells können einem Vorschlagsystem zum automatischen Ermitteln eines oder mehrerer Vorschläge zum Verbessern der Wirtschaftlichkeit der Anlage zugeführt werden; insbesondere können Vorschläge ermittelt werden, die einen Weiterbetrieb der Anlage trotz Verschlechterung einer oder mehrerer Kostenpositionen im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der gesamten Anlage nahelegen oder es können Vorschläge ermittelt werden, die einen mittel- oder unmittelbaren Handlungsbedarf, z. B. eine durchzuführende Wartung, anraten.

Diese Ausgestaltung ermöglicht eine Kombination der zu den einzelnen Komponenten erhaltenen Zustandsmeldungen. Da die Komponenten durch den in der Anlage ablaufenden Prozeß miteinander verbunden sind, ist davon auszugehen, daß der Betriebszustand einer stromaufwärts liegenden Komponente den Betriebszustand einer stromabwärts liegenden Komponente beeinflusst. Durch eine Kombination der einzelnen Zustandsmeldungen miteinander werden derartige Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Komponenten zuverlässig erkannt und Fehldiagnosen vermieden. Alternativ oder zusätzlich zu den Zustandsmeldungen können auch Rechenergebnisse des Rechenmodells verwendet werden.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung wird das Ermitteln des oder der Vorschläge auf einer Anzeige optisch und/oder akustisch angezeigt und/oder an ein übergeordnetes System übermittelt. Hierdurch wird das Betriebspersonal auf von dem Vorschlagsystem ermittelte Vorschläge aufmerksam gemacht. Die Übermittlung an ein übergeordnetes

System ermöglicht eine zentrale Erfassung und Verwaltung voneinander räumlich getrennter Anlagen.

Vorteilhaft wird der Betrieb der Anlage von einem separaten Prozeßleitsystem überwacht. Das Rechenmodell läuft unabhängig von der Anlage und greift nicht selbständig in den Betrieb der Anlage ein. Hierdurch wird ein zuverlässiger Betrieb der Anlage sichergestellt. Weiter kann das erfindungsgemäße Verfahren bei bestehenden Anlagen nachgerüstet werden.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung werden die Zustandsmeldungen an das Prozeßleitsystem und von dort an das Rechenmodell übertragen. Die bei bereits bestehenden Anlagen erfassten Zustandsmeldungen sind im Regelfall für das Rechenmodell ausreichend. Zusätzliche Meßinstrumente sind nicht erforderlich, so daß das Rechenmodell mit minimalem Aufwand nachgerüstet werden kann.

Nachstehend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher beschrieben, das in schematischer Weise in der Zeichnung dargestellt ist. Dabei zeigt:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung einer Anlage und eines Umwandlungsprozesses;

**Fig. 2** ein Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

**Fig. 3** ein Flußdiagramm zum automatischen Erstellen von Vorschlägen.

**Fig. 1** zeigt beispielhaft eine schematische Darstellung einer Anlage **10** zur Umwandlung eines fossilen Brennstoffs **13** in Energie **15**. Die Anlage **10** umfaßt eine Reihe unterschiedlicher Komponenten **11.1**, **11.2**, ..., **11.6**. Der Brennstoff **13** wird der Anlage **10** in Pfeilrichtung **14** zugeführt. In der Anlage **10** findet ein Umwandlungsprozeß statt, in dem der Brennstoff **13** mittels der Komponenten **11.1**, **11.2**, ..., **11.6** in Energie **15** umgewandelt wird. Die Energie **15** wird in Pfeilrichtung **16** an nicht näher dargestellte Verbraucher abgegeben.

Zur Überwachung und Steuerung beziehungsweise Regelung der Anlage **10** und ihrer Komponenten **11.1**, **11.2**, ..., **11.6** sowie des Umwandlungsprozesses ist ein Prozeßleitsystem (PLS) **18** vorgesehen. Der Betriebszustand der Komponenten **11.1**, **11.2**, ..., **11.6** wird über Zustandsmeldungen **17.1**, **17.2**, ..., **17.6** an das PLS **18** gemeldet. Das PLS **18** ist mit einer Ein- und Ausgabereinheit **19** zum Anzeigen des Betriebszustands sowie zum Eingeben von Befehlen verbunden.

Bei der Ausführungsform gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ist zusätzlich zu dem PLS **18** ein Rechenmodell **20** der Anlage **10** vorgesehen. Das Rechenmodell **20** ist wie das PLS **18** mit einer Ein- und Ausgabereinheit **21** verbunden. Es umfaßt ein theoretisches Modell der Anlage **10** und ihrer Komponenten **11.1**, **11.2**, ..., **11.6** und ermittelt die in den Komponenten **11.1**, **11.2**, ..., **11.6** anfallenden Kosten sowie die Gesamtkosten der Anlage **10**. Die erforderlichen Informationen werden von dem PLS **18** an das Rechenmodell **20** geliefert, wie schematisch durch den Pfeil **22** dargestellt. Eigene Meßgeräte sind daher für den Betrieb des Rechenmodells **20** in der Regel nicht erforderlich. Je nach Ausführungsform kann das Rechenmodell **20** auch Informationen an das PLS **18** zurückübermitteln.

Bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 1** ist weiter ein Vorschlagsystem **25** vorgesehen. Diesem Vorschlagsystem **25** werden die Zustandsmeldungen **17.1**, **17.2**, ..., **17.6** und/oder Rechenergebnisse des Rechenmodells **20** zugeführt, wie durch den Pfeil **26** angedeutet. Ausgehend von den Zustandsmeldungen **17.1**, **17.2**, ..., **17.6** und/oder den Rechenergebnissen ermittelt das Vorschlagsystem **25** einen oder mehrere Vorschläge zum Verbessern der Wirtschaftlichkeit der Anlage **10**. Diese Vorschläge werden an das Ein- und Ausgabemodul **21** weitergeleitet, wie durch den Pfeil **27**

dargestellt.

Zum Erhöhen der Genauigkeit können nicht nur aktuelle Informationen über den derzeitigen Betriebszustand der Anlage **10** verwendet werden, sondern auch prognostizierte Informationen.

**Fig. 2** zeigt ein Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens. In Schritt I wird der Betriebszustand der Komponenten **11.1**, **11.2**, ..., **11.6** über Zustandsmeldungen **17.1**, **17.2**, ..., **17.6** erfaßt. Diese Zustandsmeldungen **17.1**, **17.2**, ..., **17.6** werden in Schritt II an das Rechenmodell **20** übermittelt. Das Rechenmodell **20** ermittelt gemäß Schritt III die in den einzelnen Komponenten **11.1**, **11.2**, ..., **11.6** anfallenden Ist-Kosten. In Schritt IV werden die ermittelten Ist-Kosten mit vorgegebenen Soll-Werten für die Kosten verglichen. Ist der Unterschied kleiner als eine vorgegebene Abweichung, so wird dies gemäß Verzweigung 1 an eine Anzeige **23** übermittelt. Diese Anzeige **23** kann in das Ein- und Ausgabemodul **21** integriert sein oder über das PLS **18** dem Ein- und Ausgabemodul **19** zugeführt werden. Bei größeren Unterschieden wird gemäß Verzweigung 0 eine Warnung ausgegeben, die ein Quittieren **24** erfordert. Zusammen mit der Warnung kann eine Prüfaufforderung ausgegeben werden.

Beim Ermitteln der Kosten in Schritt III können unterschiedliche Einflüsse berücksichtigt werden. Gemäß Schritt A werden die Ausgaben für den Brennstoff **13** berücksichtigt. In Schritt B werden zusätzlich die Ausgaben für die Anlage **10**, wie Wartung, Abschreibung, Eigenbedarf, Personal, etc., berücksichtigt. Schritt C ermöglicht das Einbeziehen der durch die Lieferung der Energie **15** erzielten Einnahmen. Somit können alle wirtschaftlichen Faktoren der Einnahmen- und Ausgabenseite in dem Rechenmodell **20** berücksichtigt werden.

**Fig. 3** zeigt ein Flußdiagramm zum automatischen Erstellen von Vorschlägen gemäß dem Vorschlagsystem **25**. Zunächst werden in Schritt VI die von dem Rechenmodell **20** erhaltenen Zustandsmeldungen **17** sowie gegebenenfalls weitere Werte mit vorab gespeicherten Referenzmustern verglichen. Diese Referenzmuster werden anlagenspezifisch für unterschiedliche Betriebszustände abgelegt. Anschließend führt das Vorschlagsystem **25** in Schritt VII einen Vergleich zwischen den Referenzmustern und den erhaltenen Informationen durch. Falls hierbei keine Übereinstimmung festgestellt wird, wird gemäß Abzweigung Null zu Schritt VI zurückgesprungen. Stellt das Vorschlagsystem **25** eine bestimmte Übereinstimmungsgüte fest, wird gemäß Abzweigung 1 in Schritt VIII das nächstliegende Referenzmuster ausgewählt und der oder die entsprechenden Vorschläge ausgegeben. Die Ausgabe kann entweder auf dem Ein- und Ausgabemodul **21** erfolgen, wie in **Fig. 1** dargestellt. Alternativ ist selbstverständlich auch eine Ausgabe auf dem Ein- und Ausgabemodul **19** des PLS **18** möglich. Das Ermitteln sowie die Ausgabe des oder der Vorschläge werden optisch oder/oder akustisch angezeigt und hier durch die Aufmerksamkeit des Betriebspersonals geweckt. Alternativ oder zusätzlich kann gemäß Schritt IX ein Bericht erstellt und abgespeichert sowie in Schritt X an ein übergeordnetes System wie beispielsweise ein PC-Netzwerk oder Produktions-Management-System zur weiteren Behandlung übertragen werden.

Die vom Vorschlagsystem **25** erstellten Vorschläge können aus einer Menge anlagenspezifischer vorprogrammierter Handlungsanweisungen an das Betriebspersonal ausgewählt werden. Sie können aber auch automatisch erzeugte Informationen enthalten, wie den Informationscode der betroffenen Komponente **11.1**, **11.2**, ..., **11.6** der Anlage **10**, aktuelle und theoretisch erreichbare Betriebsparameter sowie die Zustandsmeldungen **17.1**, **17.2**, ..., **17.6**.

Durch eine Kombination der einzelnen Zustandsmeldungen 17.1, 17.2, ... 17.6 miteinander sowie gegebenenfalls das Hinzuziehen weiterer Rechenergebnisse des Rechenmodells 20 wird ein zuverlässiges Bild der Anlage 10 geschaffen. Dieses Bild berücksichtigt, daß sich die Komponenten 11.1, 11.2, ... 11.6 der Anlage 10 gegenseitig beeinflussen. Ein unbefriedigender Betriebszustand der Komponente 11.6 muß nicht zwingend auf einen Fehler der Komponente 11.6 zurückzuführen sein, sondern kann durch einen der stromaufwärts gelegenen Komponenten 11.1, 11.2, ..., 11.5 hervorgerufen werden. Derartige Zustände der Anlage 10 werden durch eine Kombination der einzelnen Zustandsmeldungen 17.1, 17.2, ... 17.6 miteinander zuverlässig vernieden.

Wird beispielsweise eine Verschlechterung der logarithmischen mittleren Temperaturdifferenz (LMTD) des Kühlwassers am Kondensator eines Kraftwerks erkannt, so wird der Vorschlag erstellt, bei nächster Gelegenheit den Hauptkondensator zu reinigen. Das Vorschlagsystem 25 berücksichtigt hierbei gleichzeitig den nächsten geplanten Anlagenstillstand und ermittelt, ob ein sofortiges Abschalten und eine sofortige Reinigung oder ein vom Idealzustand abweichender Betrieb der Anlage 10 wirtschaftlich sinnvoller ist. Der vom Vorschlagsystem 25 gemachte Vorschlag wird auf Grund seines hohen wirtschaftlichen Verbesserungspotentials generiert, da eine schlechte LMTD ein Indiz für ein schlechtes Vakuum des Hauptkondensators und damit für einen verschlechterten Gesamtwirkungsgrad der Anlage 10 ist.

Große Abweichungen der errechneten Ist-Kosten von den vorgegebenen Soll-Werten werden auf dem Ein- und Ausgabe-Modul 21 angezeigt und erfordern ein Quittieren durch das Betriebspersonal. Hierdurch werden nicht nur die Kosten im laufenden Betrieb der Anlage 10 kontrolliert, sondern auch das Kostenbewußtsein des Betriebspersonals wesentlich verbessert.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Kontrolle der im Betrieb einer Anlage (10) entstehenden Kosten, insbesondere einer Anlage zum Umwandeln fossiler Brennstoffe (13) in Energie (15), wobei der Betriebszustand mindestens einer Komponente (11) der Anlage (10) über eine Zustandsmeldung (17) erfaßt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zustandsmeldung (17) einem Rechenmodell (20) der Anlage (10) zugeführt wird, durch das Rechenmodell (20) die in einer oder mehreren Komponenten (11) der Anlage anfallenden Ist-Werte der Kosten unter Berücksichtigung der Einnahmen aus der Lieferung des Ausgangsprodukts, insbesondere der Energie (15), ermittelt und mit vorgebbaren Soll-Werten für die Kosten verglichen werden und die Abweichung zwischen Ist-Werten und Soll-Werten angezeigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Ermitteln der Ist-Werte der Kosten die Ausgaben für betriebliche Einsatzstoffe, insbesondere den Brennstoff (13) berücksichtigt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß beim Ermitteln der Ist-Werte der Kosten die Ausgaben für die Anlage (10), insbesondere für Abschreibung, Eigenbedarf, Personal und/oder Wartung berücksichtigt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei Überschreiten einer vorgebbaren Abweichung der Ist-Werte der Kosten von den Soll-Werten eine Warnung ausgegeben wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, da-

durch gekennzeichnet, daß bei Überschreiten einer vorgebbaren Abweichung der Ist-Werte der Kosten von den Soll-Werten eine manuelle Eingabe eines Benutzers angefordert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Überschreiten einer vorgebbaren Abweichung der Ist-Werte der Kosten von den Soll-Werten eine Aufforderung (24) zum Prüfen der Komponente (11) mit der Abweichung ausgegeben wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustandsmeldungen (17) und/oder Rechenergebnisse des Rechenmodells (20) einem Vorschlagsystem (25) zum automatischen Ermitteln eines oder mehrerer Vorschläge zum Verbessern der Wirtschaftlichkeit der Anlage (10) zugeführt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Ermitteln des oder der Vorschläge auf einer Anzeige (21) optisch und/oder akustisch angezeigt oder an ein übergeordnetes System übermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Betrieb der Anlage (10) von einem separaten Prozeßleitsystem (18) überwacht wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustandsmeldungen (17) an das Prozeßleitsystem (18) und von dort an das Rechenmodell (20) übertragen werden.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG 1

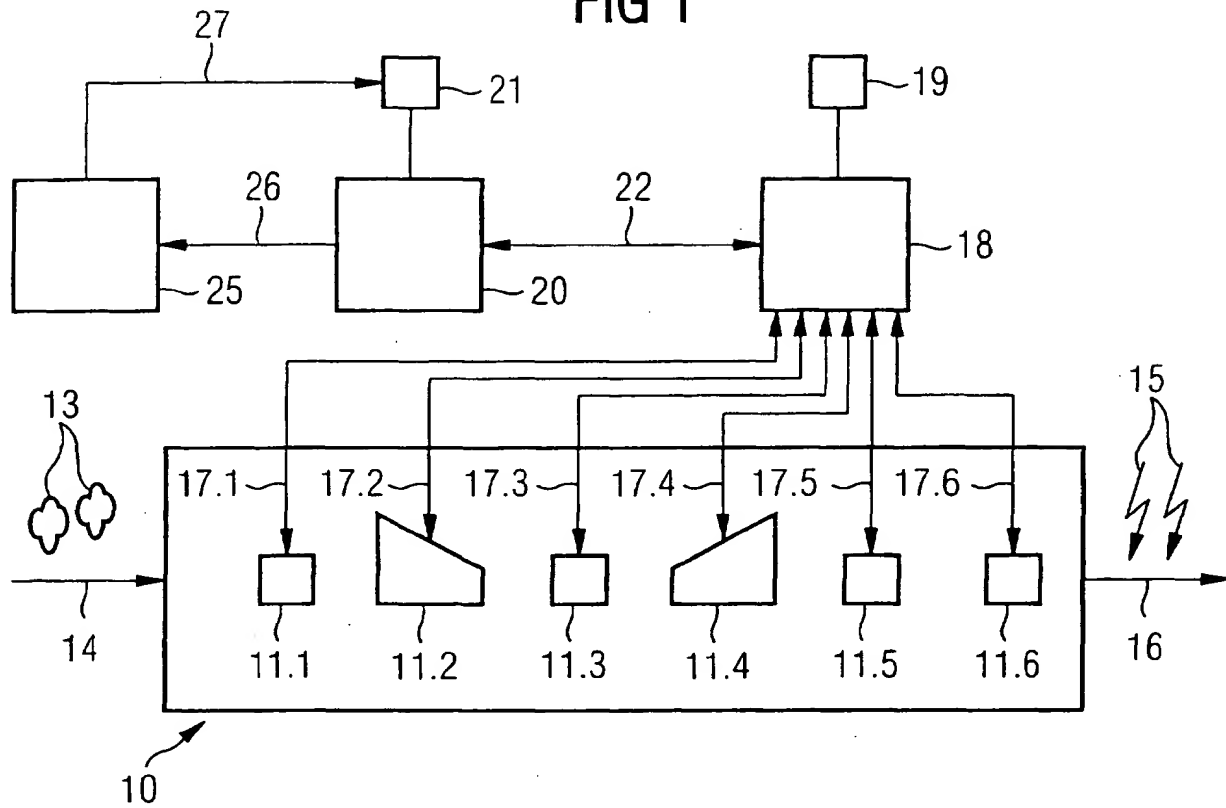


FIG 2

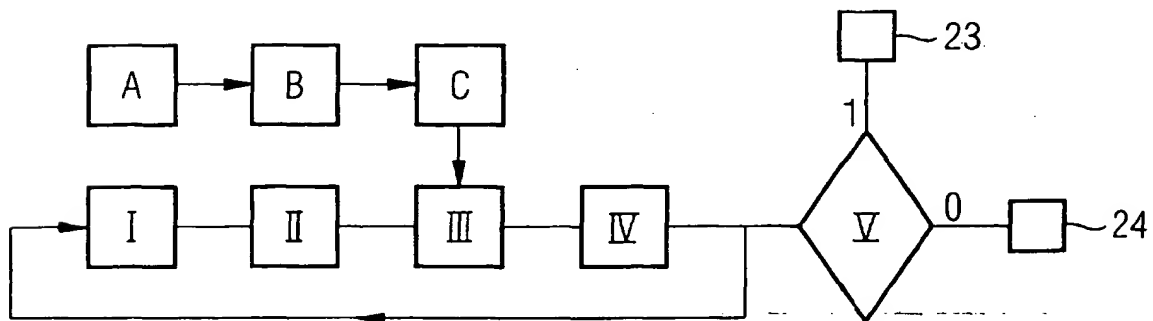


FIG 3

